Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 21, No. 1, Mar.-Apr., 2025, p. 1-12

Improving the Nutritional Properties and Reducing the Oil Absorption of Donut Using Saponinized Quinoa Flour

M. Morad Nia [1], A. Arianfar [1*], A. Mohammadi Sani [1], Z. Sheikholeslami [2]

1- Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran
(*- Corresponding Author Email: a_aria_1443@yahoo.com)
2- Associate Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashad, Iran

Received: 04.10.2022 Revised: 28.03.2023 Accepted: 27.04.2023 Available Online: 29.04.2023	**How to cite this article:** Morad Nia, M., Arianfar, A., Mohammadi Sani, A., & Sheikholeslami, Z. (2025). Improving the nutritional properties and reducing the oil absorption of donut using saponinized quinoa flour. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 21*(1), 1-12. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.78044.1195

Introduction

Donut is a type of sweet fried snack which is usually produced from leavened and deep fried dough. The deliciousness and high energy of donut has made it very popular among sweet products made from wheat flour. The sensitivity of wheat flour to weather conditions as well as bad economic conditions in recent years led to perfomingt research to replacewheat flour with other grains. Quinoa is a rich source of protein (the essential amino acids lysine, methionine, cysteine, and threonine), magnesium, fiber, vitamin B, potassium, and other minerals such as iron. Quinoa seeds have less starch than other grains (wheat, barley, corn, and rice). The value of dietary fiber in quinoa is much more in comparison to other grains, it had about 31% insoluble fiber. Also, as a source of phytoestrogens, it prevents cancer, cardiovascular diseases, and osteoporosis. The main problem with quinoa to be used for human diet is the presence of saponin in the outer shell of the seed. Saponins are considered anti-nutritional agents due to their hemolytic activity on red blood cells, bitterness, foaming ability, and inhibition of enzymes. Therefore, the most important step for using quinoa in food products is to remove saponin. The other problem with using saponin its too bitterness hence causing bloating and heartburn. This study aimed to choose the best saponinization method from quinoa and the possibility of using the saponinization quinoa instead of wheat in donut formulation and investigation the quality, texture, and sensory properties of the donuts.

Materials and Methods

The methods for saponin removal include (maceration, microwave, ultrasound, wet method, and a combination of wet and dry methods) were compared. Donuts were produced with quinoa flour at two levels of 20 and 40% substitution. The Fiber, ash, and protein values of wheat flour, saponinized quinoa flour, and donuts with different levels of saponinized quinoa flour were measured. The effect of replacement wheat flour with saponinized quinoa flour on oil absorption, texture, SEM, and sensory properties of donuts was evaluated.

Results and Discussion

A comparison between different methods of saponinization indicated that the ultrasound method had the minimum efficiency in saponin removal and the highest amount of saponin removal was in the combined wet and dry methods, followed by the maceration method. The difference between the combined method and maceration was not significant and had the most influence in extracting saponin from quinoa flour. Of course, the maceration method is economically important due to the long time of the process and production of a lot of waste water leading to loss of nutrients from quinoa. The highest amount of protein, fiber, and ash was obtained in saponinized quinoa flour and a donut containing 40% quinoa flour. The amount of firmness, elasticity, SEM, and sensory properties

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.78044.1195

in the sample with 20% quinoa flour had similar characteristics to the control sample, but increasing the amount of quinoa flour reduced these factors. The oil absorption percentage in donuts containing 40% quinoa flour was higher than in other samples. The results of using saponinized quinoa flour on the sensory characteristics (color crust and crumbs, taste, smell, texture and overall acceptance) of donuts showed that donut with 20% quinoa was similar to the control sample and was acceptable for panelists but increased the concentration up to 40% wasn't pleasant.

Conclusion

In this study, the saponinized quinoa flour used in donut formulation to increase the nutritional value and reduced the calories of donuts also overcame the challenges of wheat shortage. The saponinization methods were compared to choose the method with the highest saponin removal. Then donut with saponinized quinoa flour was prepared. The use of saponinized quinoa flour as a replacement of wheat flour increased the nutritional value of donuts. Adding saponinized quinoa flour to the donuts formulation significantly declined the oil absorptions. Generally, the donuts containing saponinized quinoa flour had relatively similar sensory properties to the donuts with wheat flour (commercial donuts). Therefore, it seems that saponinized quinoa flour could be used successfully to improve the nutritional value of donuts and also consumers' acceptance.

Keywords: Donuts, Nutritional properties, Oil absorption, Quinoa flour, Saponinization

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۴، ص. ۱۲-۱

بهبود خواص تغذیه‌ای و کاهش جذب روغن دونات با استفاده از آرد کینوای ساپونین‌زدایی

مهتاب مرادنیا[۱]- اکرم آریان‌فر[۱*]- علی محمدی ثانی[۱]- زهرا شیخ الاسلامی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷

چکیده

در سال‌های اخیر میزان تقاضا به محصولات پخت بعنوان میان وعده افزایش داشته است. آرد گندم از نظر اسیدهای آمینه و برخی مواد معدنی ضعیف است اما ترکیب آن با آرد سایر غلات سبب افزایش ویژگی‌های تغذیه‌ای محصولات می‌گردد. این پژوهش با هدف مقایسه روش‌های ساپونین‌زدایی از آرد کینوا و بررسی اثر جایگزینی آرد ساپونین‌زدایی شده بر کیفیت و ویژگی‌های تغذیه‌ای دونات انجام شد. میزان حذف ساپونین به روش‌های (ماسیراسیون، مایکروویو، فراصوت، روش مرطوب و ترکیب روش مرطوب و خشک) مقایسه شد. دونات با آرد کینوا در دو سطح ۲۰ و ۴۰ درصد تولید شد. ویژگی‌های تغذیه‌ای اندازه‌گیری گردید. درصد جذب روغن، ویژگی‌های بافتی، تصاویر میکروسکوپ الکترونی و حسی نمونه‌های دونات ارزیابی گردید. مقایسه بین روش‌های مختلف ساپونین‌زدایی نشان داد که روش ترکیب مرطوب و خشک (۰/۹ mg/g) بیشترین اثر در حذف ساپونین از کینوا را داشت. بیشترین میزان پروتئین، فیبر و خاکستر در آرد کینوا ساپونین‌زدایی شده و نمونه دونات حاوی ۴۰ درصدآرد کینوا بدست آمد. میزان سفتی و کشش‌پذیری و ویژگی‌های حسی در دونات شاهد و نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا مشابه بود. درصد جذب روغن در دونات حاوی ۲۰٪ درصد آرد کینوا از سایر نمونه‌ها کمتر بود. تصاویر میکروسکوپی نشان داد افزودن ۴۰ درصد آرد کینوا ساختار یکنواخت و همگن از بین رفت. باتوجه به نتایج بدست آمده از ویژگی‌های تغذیه‌ای و کیفی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که می‌توان تا ۴۰ درصد آرد کینوا ساپونین‌زدایی شده را در فرمول دونات استفاده کرد و از خواص تغذیه‌ای آن بهره برد.

واژه‌های کلیدی: آرد کینوا، خواص تغذیه‌ای، درصد جذب روغن، دونات، ساپونین‌زدایی

مقدمه

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd) از دسته گیاهان دولپه‌ای و از خانواده چنوپودیاسه، گیاهی یک ساله است. کینوا در طی ۵۰۰۰ سال به طور مداوم در تغذیه مردم پرو، بولیوی، اکوادور و شیلی استفاده شده، است. ارزش بسیار بالای دانه یا بذر آن، موجب مقایسه آن توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) با شیر خشک گردید، زیرا پروتئین کینوا از نظر کمی و کیفی از غلات متداول بهتر می‌باشد (Sepahvand *et al.*, 2010). کینوا منبع غنی پروتئین (آمینواسیدهای ضروری لیزین، متیونین، سیستئین و ترئونین) منیزیم، فیبر، ویتامین ب، پتاسیم و دیگر مواد معدنی مانند آهن است. دانه کینوا دارای نشاسته کمتری نسبت به سایر غلات (گندم، جو، ذرت و برنج) است، همچنین به‌عنوان منبعی از فیتواستروژن از ایجاد سرطان، بیماری های قلبی و عروقی و پوکی استخوان جلوگیری می‌کند (Nowak *et al.*, 2016). میزان فیبر رژیمی کینوا در مقایسه با سایر غلات بسیار بالاتر است. حدود ۳۱ در صد فیبر آن نامحلول می‌باشد (Rizzello *et al.*, 207). کینوا در مقایسه با برخی از غلات رایج (گندم و جو) سرشار از نیاسین، اسید فولیک، ویتامین‌های A، 2B و E بوده و غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند پلی‌فنول می‌باشد (Lorusso *et al.*, 2017; Turkut *et al.*, 2016). کینوا به‌دلیل فاقد گلوتن بودن اخیرا به‌عنوان جایگزینی برای غلات رایج، برای افراد مبتلا به بیماری سلیاک استفاده می شود (Burešová *et al.*, 2017). با توجه به خصوصیات منحصر بفرد کینوا می‌تواند مانند یک غذای عملگرا

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a_aria_1443@yahoo.com)
۲- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.78044.1195

مورد استفاده قرار گرفته و خواص سلامت بخشی از جمله پیشگیری و درمان بیماری را از خود نشان دهد (Milovanović *et al.*, 2014).

عمده‌ترین مشکل کاربرد آن به‌عنوان غذا برای انسان و علوفه برای دام، وجود ساپونین در پوسته خارجی بذر می‌باشد که به‌عنوان یک ماده ضدتغذیه‌ای است. شارما و همکاران (Sharma *et al.*, 2022) بیان کردند که ساپونین‌ها به‌دلیل فعالیت همولیتیک بر گلبول‌های قرمز، تلخی، قابلیت کف‌کنندگی و مهار آنزیم‌ها به‌عنوان عوامل ضد تغذیه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. از این رو مهمترین مرحله برای استفاده از کینوآ در محصولات غذایی ساپونین‌زدایی است. ساپونین مزه تلخی دارد و قلیایی است. لذا در مرحله اگر گرد ساپونین روی دانه بنشیند و شستشوی خوبی داده نشود، می‌تواند تلخی بسیار زیادی را ایجاد کند. کینوا فرآوری نشده یا با غیر اصولی فراوری شده، باعث گاهاً نفخ و دل‌پیچه بسیار زیاد می‌شود (Dehghan Tanha *et al.*, 2010).

دونات نوعی اسنک سرخ‌شده شیرین است که به صورت شیمیایی و تخمیری یا تلفیق این دو ور می‌آید و به صورت عمیق سرخ می شود (Melito & Farkas, 2012). این محصول برای اولین بار در آلمان و هلند تهیه شد. به این صورت که تکه‌های باقیمانده از خمیر نان را در روغن سرخ کرده و به آن اولیکوک می‌گفتند. خوشمزگی و پرانرژی بودن دونات باعث شده در میان محصولات شیرین حاصل از آرد گندم بسیار مورد توجه با شد. بازار دونات تنها در امریکا سالیانه حدود ۴-۳ میلیارد دلار درآمد دارد (Tan & Mitral, 2006). دونات دارای دو قسمت اصلی، بخش سرخ‌شده و بخش داخلی است. بخش سرخ‌شده در سطح است که مستقیما در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشترین دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد و در حالت ایده‌آل رنگ قهوه‌ای طلایی و بافت ترد دارد. بخش داخلی مشابه کیک است و اگر در طول سرخ شدن حرارت کافی دریافت کند ژلاتیناسیون نشاسته در آن اتفاق می‌افتد. در اثر سرخ کردن رطوبت به بخش سرخ شده مهاجرت می‌کند و تردی سطح را از بین می‌برد (Tan & Mitral, 2006). میزان روغن یکی از مهم‌ترین ویژگی های کیفی فرآورده‌های سرخ کردنی می‌باشد. میزان جذب بالای روغن هم برای تولیدکننده گران تمام می‌شود و هم موجب چرب و بی‌مزه شدن محصول می‌گردد. با این وجود بافت محصول کم‌چرب نیز نامطلوب است. مواد غذایی سرخ شده به دلیل داشتن طعم مطبوع و بافت ویژه‌ای که دارند همواره مورد توجه مصرف‌کنندگان بوده‌اند. رنگ و بافت از مهم‌ترین خصوصیات کیفی مواد غذایی هستند که تحت تأثیر سرخ کردن قرار می‌گیرند (Entezari *et al.*, 2017).

کمبود گندم و حساسیت شدید آن به تغییر شرایط آب و هوایی همچنین شرایط بد اقتصادی در سال‌های اخیر منجر به انجام تحقیقات گسترده‌ای در زمینه جایگزینی آرد سایر غلات با آرد گندم برای تهیه محصولات پخت شده است. گیاه کینوآ شبه غله‌ای است که تحت شرایط خشک و کم آب محصول می‌دهد، بنابراین جایگزینی آرد گندم با کینوا می‌تواند نیاز سالانه به گندم در کشور را مرتفع نماید. علاوه‌بر این کینوا ویژگی‌های تغذیه‌ای منحصر بفردی دارد که می‌تواند سبب خواص تغذیه‌ای محصولات پخت گردد. لذا این پژوهش با هدف، انتخاب بهترین روش ساپونین‌زدایی از کینوا و امکان جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا در فرمولاسیون دونات و بررسی خواص تغذیه‌ای، حسی و بافتی آن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آرد ستاره با درجه استخراج ۸۳ درصد، از کارخانه آرد گلمکان (مشهد، ایران) و آرد کینوا از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. برای این منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یک‌جا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر، روغن نباتی مایع (با نام تجاری اویلا)، تخم مرغ (شرکت تلاونگ، تهران) و بیکینگ پودر (شرکت سیسارون شیمی ایران) و وانیل (جیوادان سوئیس) تهیه شد.

تهیه دونات

فرمول پایه (شاهد) خمیر دونات حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم، شکر ۱۶ درصد، ۲۰ درصد تخم‌مرغ کامل، روغن ۱۶ درصد، مخمر ۲/۴ درصد، ۴ درصد شیر خشک، نمک ۰/۸ درصد، وانیل ۰/۲ درصد و ۲۵ در صد آب بود. ابتدا ابتدا تخم مرغ را در ظرف مخصوص ریخته و به مدت ۳ دقیقه با دور تند با همزن (ساخت کشور ایتالیا) همزده شد. سپس به آن شکر، روغن، شیر خشک، وانیل و مخمر اضافه و به مدت ۳ دقیقه با دور تند همزده، سپس آرد توزین شده کم کم به آن اضافه شد. خمیر آماده شده به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در ظرف مخصوص قرار گرفت تا مرحله اول تخمیر صورت گیرد. سپس خمیر باضخامت ۱ سانتی‌متر به‌صورت دستی پهن و توسط قالب دونات با قطر داخلی ۲/۶۰ سانتی‌متر و قطر خارجی ۷ سانتی‌متر قالب‌زنی شد. قطعات به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در اتاق تخمیر، مرحله دوم تخمیر را سپری کردند. سپس، خمیرها داخل سرخ‌کن در روغن با دمای ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به روش غوطه‌وری تا رسیدن به رنگ قهوه‌ای سرخ شدند. سپس دونات‌های تولید شده در دمای محیط به‌مدت ۳۰ دقیقه سرد شدند و در پوششی از جنس پلی‌اتلین بسته‌بندی و نگهداری شد (Ghaitaranpour *et*

(al., 2018). روغن سطحی دونات پس از سرخ کردن و قبل از سرد شدن با استفاده از کاغذ جاذب جدا شد.

سپانونین‌زدایی از آرد کینوا

روش مرطوب: این شامل قرار دادن دانه کینوا در معرض فرآیند خیساندن بود، روش شستشو برای شسته شدن ساپونین‌ها از دانه‌های کینوا در دمای آب (۶۰ درجه سانتی‌گراد) با نسبت دانه‌ها به آب مقطر ۱:۱۰ انجام شد. زمان شستشو تحت هم زدن ثابت نیز ۱۲۰ دقیقه بود. سپس دانه کینوا در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خلاء (Binder GmbH، Tuttlingen، آلمان) به مدت ۴ ساعت خشک شد (Haghayegh & Zavezad, 2021).

روش ترکیبی خشک و مرطوب: ابتدا جهت خراش‌دهی پوسته، پوسته‌ی خارجی حذف گردید، انجام و سپس برای از بین بردن باقیمانده آن را مطابق روش مرطوب شستشو شد (Gómez-Caravaca et al., 2014).

روش ماسیراسیون: در این روش ۱۰ گرم از کینوا در ۲۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ در صد حل و با همزن شیشه‌ای به‌مدت ۱۵ دقیقه ترکیب کاملا یکنواخت شد سپس ظرف به‌مدت ۴۸ ساعت توسط همزن مغناطیسی محلول هم زده شد و از صافی عبور داده شد سپس به بالن دستگاه تقطیر منتقل و در خلاء در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تقطیر محلول تقطیر شد (Keyhani et al., 2015).

روش مایکروویو: در روش مایکروویو، دانه‌ها مرطوب و در اجاق مایکروویو خانگی (LG، ۲۳۰ -V۵۰ هرتز AC، ۲۴۵۰ MHz) به‌مدت ۵ دقیقه (W۹۰۰) حرارت داده شدند (Sharma et al., 2022).

روش فراصوت: عصاره‌گیری با امواج فراصوت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد، با ۲۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ در صد مخلوط سپس تحت امواج فراصوت با پالس ۱۰۰، فرکانس ثابت ۲۴ کیلو هرتز و به‌مدت ۴۰ دقیقه قرار گرفت. عصاره متانولی حاصل مطابق روش ماسیراسیون تغلیظ شد (Keyhani et al., 2015).

آزمون‌های شیمیایی آرد و دونات

میزان فیبرخام آرد گندم، کینوا و دونات، طبق روش استاندارد ۱۰-۳۲، خاکستر آرد گندم، کینوا و دونات با روش ۰۸-۰۱، پروتئین آرد گندم، کینوا و دونات با روش ۱۲-۴۶ اندازه‌گیری شد (AACC, 2000).

ویژگی‌های بافتی دونات

آزمون بافت سنجی با استفاده از دستگاه بافت سنج (مدل QTS CNS Farnell, انگلستان) متصل به رایانه، انجام شد. نمونه‌ها در زیر یک پروب استوانه از جنس آلومینیوم و با قطر ۲۰ میلی‌متر تحت آزمون فشردگی قرار گرفت. نیروی لازم برای سوراخ کردن دونات به‌عنوان سفتی و طول کش آمدن بافت تا پاره شدن به‌عنوان میزان کشش‌پذیری بر حسب واحد میلی‌متر محاسبه شد. سرعت پروب در طی آزمون ۳۰ میلی‌متر در دقیقه، و نقطهٔ شروع N ۰/۵ بود (Rehman et al., 2006).

جذب روغن دونات

نمونه‌های دونات خشک شده (در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴ ساعت) درون آسیاب خرد و سپس چربی هر نمونه به روش سوکسله توسط دی‌اتیل اتر استخراج می‌شود. جذب روغن برای دونات های تهیه شده مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود (Zolfaghari et al., 2013):

جذب روغن= [درصد روغن بعد سوکسله − درصد روغن قبل سوکسله]/ درصد روغن قبل سوکسله

نسبت جذب روغن= محتوی روغن برحسب گرم/ افت رطوبت بر حسب گرم

ارزیابی حسی دونات

خصوصیات حسی نمونه شامل رنگ پوسته، رنگ مغز، طعم، بو، بافت (سفت بودن، خمیری بودن) و پذیرش کلی توسط ۱۰ ارزیاب دوره دیده به روش امتیازدهی هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. امتیاز ها بین ۱ (خوب) و ۵ (خیلی خوب) در نظر گرفته می‌شود. جهت انتقال داوران آزمون مثلثی مطابق روش استفاده می‌شود (Sheikholeslami et al., 2020).

آزمون SEM

برای بررسی ساختار دونات با استفاده از میکرو سکوپ الکترونی روبشی (MIRA3، شرکت TESCAN، جمهوری چک) استفاده شد. نمونه‌های مغز دونات در نیتروژن مایع، منجمد و سپس با خشک‌کن انجمادی (CHRist، مدل LD 1-4، آلمان) خشک شد. نمونه‌های انجمادی خشک شده تحت خلاء و تحت بخارات طلا با طلا پوشش داده شد و نمونه‌ها رسانا گردیدند (Sheikholeslami et al., 2020).

آنالیز آماری

در این پژوهش از آرد کینوا در دو سطح ۲۰ و ۴۰ درصد جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون دونات شد و در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی آنالیز گردید. تمامی آزمایشات در سه تکرار صورت گرفت و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده

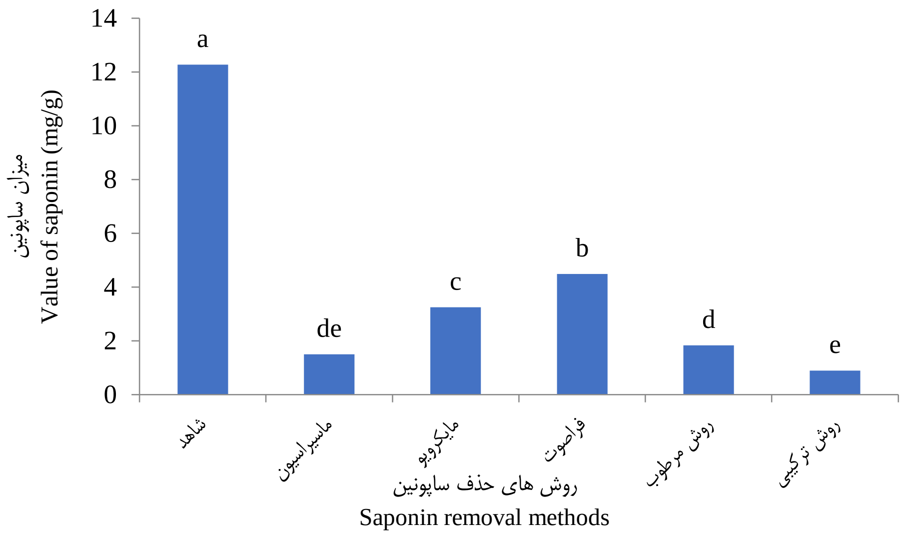
گردید. اختلاف بین میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌دار ۰/۰۵ درصد ارزیابی شد و نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

مقایسه روش‌های ساپونین زدایی از آرد کینوا

اولین قدم در تولید محصولات پخت با استفاده از آرد کینوا، انتخاب روش استخراج مناسب و کارآمد حذف ساپونین از آن است. روش‌های استخراج ساپونین در این مطالعه شامل ماسراسیون، روش مرطوب، روش ترکیبی مرطوب و خشک، استخراج با امواج فراصوت و استخراج با ماکروویو بود.

نتایج به‌دست آمده از استخراج ساپونین از کینوا بااستفاده از روش‌های مختلف عصاره‌گیری نشان می‌دهد که روش فراصوت کمترین کارآیی را در استخراج ساپونین داشت. بیشترین میزان حذف ساپونین در روش ترکیبی مرطوب و خشک بود، بعد از آن روش ماسراسیون، مایکروویو و در آخر روش فراصوت قرار داشت. اختلاف بین روش ترکیبی و ماسراسیون چشمگیر نبود، می‌توان چنین بیان نمود روش ترکیبی و ماسراسیون بیشترین کارایی را در استخراج ساپونین از آرد کینوا داشتند. البته در روش ماسراسیون بدلیل زمان طولانی فرآیند و تولید پس‌آب زیاد از نظر اقتصاد اهمیت کمتری است، همچنین این روش سبب از بین رفتن سایر مواد مغذی در باقیمانده گیاهی می‌شود (Cheok *et al.*, 2014)، در نتیجه روش ترکیبی بعنوان بهترین روش در استخراج ساپونین انتخاب شد. کاهش ساپونین‌ها با روش مرطوب، ماسراسیون و روش ترکیبی را می‌توان بدلیل کاهش آن با آب نسبت داد زیرا ساپونین‌های کینوا حاوی گلیکوزیدهایی هستند که محلول در آب می‌باشند (Mhada *et al.*, 2020)، همچنین ساپونین ترکیب قطبی است که در روش ترکیبی و ماسراسیون بدلیل استفاده از اتانول سبب افزایش حلالیت ساپونین و افزایش درصد استخراج آن شده‌است. از طرفی توانایی کاهش میزان ساپونین در روش ترکیبی، احتمالاً به‌دلیل تجزیه و دناتوره شدن ساپونین‌ها بوده‌است (Gavrila *et al.*, 2022).



شکل ۱- میزان حذف ساپونین با روش‌های مختلف

Fig. 1. Saponin removal rate by different methods

هو و همکاران (Hou *et al.*, 2018) در پژوهشی مشابه از معادله انتشار برای بررسی سینتیک استخراج ساپونین‌ها از کینوا، با هدف کامل کردن مکانیسم شستشوی ساپونین استفاده کردند. در این مطالعه مشخص شد در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ دقیقه ساپونین موجود در دانه‌های کینوا می‌تواند برای دستیابی به سطح مطمئن ساپونین‌ها برای مصرف انسان بدون آسیب‌دیدگی بذر با روش مرطوب استخراج شوند. مطابق با نتایج کامپوس ناپان و همکاران (CaMPos naPán *et al.*, 2021) و کاندیا دانز و کیوسوکالا (Danz & Quisocala, 2016) سبوس‌گیری معمولاً راندمان حذف ساپونین ۹۵،۰٪ می‌رسند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان دلیل بیشترین حذف به روش ترکیبی (مرطوب و خشک) را توجیح نمود.

شارما و همکاران (Sharma *et al.*, 2022) محتوای ساپونین در دانه کینوا خام ۱۳/۸۷ میلی‌گرم در گرم بدست آوردند. حذف ساپونین در دو روش جوشاندن (۱۵ دقیقه) و اتوکلاو به‌طور قابل توجهی

محتویات ساپونین را به‌ترتیب ۶۴/۲۱ و ۱۳/۳۳ درصد کاهش دادند در حالی‌که برشته کردن (۶/۵ دقیقه) و فرآوری در مایکروویو (۵ دقیقه) به‌ترتیب ۲۵/۱۵ و ۹/۳۱ درصد (p>۰/۰۵) افزایش یافتند.

جیل رامیر و همکاران (Gil-Ramire *et al*., 2018) برای حذف ساپونین‌ها دو روش استخراج جامد-مایع با استفاده از اتانول/آب اقتباس و تجزیه و تحلیل طیف‌سنجی جرمی استفاده کردند. آنها نشان دادند که روش طیف‌سنجی جرمی عصاره‌ها قادر به تأیید حضور ساپونین‌ها نبود. بنابراین روش استخراج با اتانول انتخاب شد. همچنین آنها بیان کردند این روش یک جایگزین کارآمد و سازگار با محیط‌زیست برای استخراج است.

نیکل و همکاران (Nickel *et al*., 2016) بیان نمودند که شستشو همراه با پختن سطح ساپونین اصلی را به ۲٫۵٪ کاهش داد.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آردها و نمونه دونات

روش ترکیبی بعنوان بهترین روش ساپونین‌زدایی انتخاب شد. از آرد کینوا ساپونین‌زدایی در تهیه دونات در دو سطح (۲۰ و ۴۰ در صد) استفاده شد با دونات شاهد مقایسه شد. میزان فیبر، خاکستر و پروتئین آرد گندم و آرد کینوا و نمونه‌های دونات در جدول ۱ ارائه شده است. خصوصیات آرد گندم در محدوده آردهای متوسط تا قوی بوده با درصد استخراج ۲۱ درصد که برای دونات مناسب است. آنالیز آرد کینوا نشان داد که میزان خاکستر، فیبر و پروتئین در این آرد نسبت به آرد گندم بالاتر بود. میزان رطوبت آرد کینوا ۰/۲۲ ± ۱۱/۰۳ درصد و آرد گندم ۰/۱۵ ± ۱۱/۵۶ بدون اختلاف آماری معنی‌داری بود (P>0/05). مقدار پروتئین آرد کینوا ۰/۲۳ ±۱۳/۸۷، میزان فیبر آرد کینوا ۰/۱۲ ±۵/۰۹ درصد بدست آمد و این میزان به‌صورت معنی‌داری (P<0/05) بیشتر از مقدار فیبر، پروتئین و خاکستر در آرد گندم بود. ایگلسیاس و همکاران (Iglesias *et al*., 2015) و پراگر و همکاران (Präger *et al*., 2018) و آرد کینوا را بعنوان یک آرد با ارزش تغذیه‌ای بالا معرفی نموده‌اند و نشان دادند میزان پروتئین، فیبر و مواد معدنی در این آرد از آرد گندم کامل هم بیشتر است.

بررسی ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های دونات (جدول ۲) نشان می‌دهد که نمونه دونات شاهد که تنها از آرد گندم استفاده شده بود میزان خاکستر، فیبر بسیار کمتر بود. بیشترین میزان فیبر، پروتئین و خاکستر در نمونه تهیه شده با ۴۰ در صد آرد کینوا مشاهده شد. در مجموع مقایسه بین نمونه‌های مختلف نشان می‌دهد جایگزینی آرد گندم با ۴۰ درصد آرد کینوا محتوای پروتئین، خاکستر و فیبر بطور چشمگیری بیشتر شد، درنتیجه ارزش تغذیه‌ای دونات بیشترشد. لوراسو و همکاران (Lorusso *et al*., 2017) نشان دادند که استفاده از آرد کینوا در تهیه محتوای فیبر و پروتئین نمونه‌های پاستا را افزایش داد.

ارزیابی بافت دونات

ارزیابی سفتی بافت دونات نشان داد که کمترین میزان سفتی در نمونه شاهد بود البته بین نمونه شاهد با نمونه حاوی ۲۰ در صد آرد کینوا اختلاف چشمگیری مشاهده نشد (P>0/05)، اما با افزایش سطح ۴۰ درصد آرد کینوا میزان سفتی دونات بیشتر شد، افزایش سفتی بافت بدنبال کاهش میزان گلوتن با جایگزینی آرد کینوا بود که سبب تضعیف شبکه گلوتن شد و در نتیجه توانایی آن در حفظ حباب هوای کاهش یافت در نتیجه بافت دونات سفت شد.

ایگلاسیاس پوی و همکاران (Iglesias–Pui *et al*., 2015) و تورکت و همکاران (Turkut *et al*., 2016)، سفت شدن بافت نان و کیک (بترتیب) با افزایش آرد کینوا نشان دادند. نوری و همکاران (Nouri *et al*., 2017) محتوی رطوبت نیز نقش مهمی در سفتی مغز فرآورده‌های غلات به‌دلیل اثر پلا ستیِ سایزری آن بر شبکه مغز این فرآورده‌ها ایفا می‌کند، با کاهش میزان گلوتن با جایگزینی آرد کینوا گلوتن تضعیف شده در نتیجه جذب آب کاهش می‌یابد و بدنبال آن بافت دونات سفت‌تر شد.

درصد جذب روغن دونات

نتایج تجزیهٔ واریانس جایگزینی آرد کینوا در فرمول دونات تأثیر معنی‌داری بر میزان جذب روغن نمونه‌های دونات نشان داد (P<0/05). میزان جذب روغن نمونه‌های دونات حاوی آرد کینوا در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که استفاده از آرد کینوا در فرمول دونات منجر به کاهش معنی‌دار جذب روغن شد (P<0.05)، بطوری‌که نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا کمترین جذب روغن در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا داشت.

هرچه افت رطوبت ماده غذایی حین فرآیند سرخ کردن بیشتر باشد، جذب روغن بیشتر می‌شود (Sakhale *et al*., 2011)، باتوجه به اینکه جایگزینی آرد گندم با آرد کینوا بدلیل میزان بالاتر پروتئین و فیبر سبب افزایش حفظ رطوبت در دونات می‌گردد در نتیجه کاهش جذب روغن در دونات با افزایش میزان آرد کینوا توجیح‌پذیر است، اما جایگزینی تا سطح ۴۰ در صد سبب افزایش جذب روغن شد اگرچه میزان درصد جذب روغن بازهم از نمونه شاهد کمتر بود. با افزایش کینوا میزان گلوتن در ساختار دونات کاهش می‌یابد، عامل اصلی بافت محصولات پخت و حفظ آب شبکه گلوتن است که آرد کینوا فاقد گلوتن بوده و جایگزینی بیشتر سبب تضعیف خمیر و خروج بیشتر رطوبت و در نتیجه جذب بیشتر روغن گردید.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آرد گندم و آرد کینوا

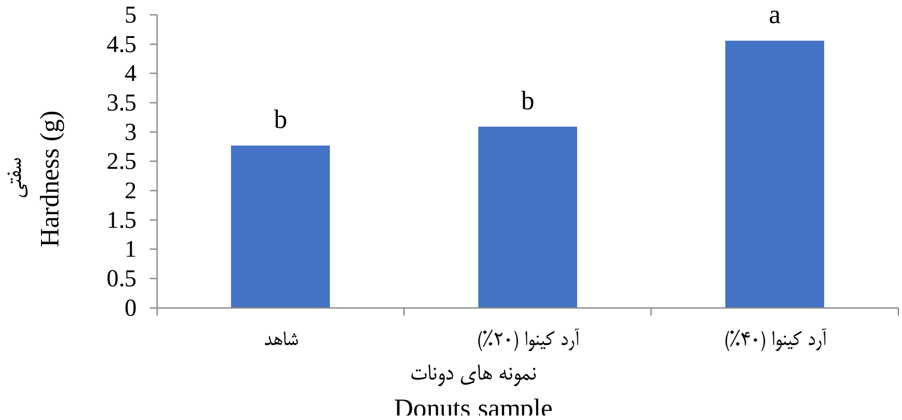
Table 1- Chemical properties of wheat flour and quinoa flour

آرد **Flour**	رطوبت **Moisture content (%)**	پروتئین **Protein (%)**	خاکستر **Ash (%)**	فیبر **Fibre (%)**
آرد گندم Wheat flour	11.56±0.15	11.96±۰.76	0.71±۰.00	1.62±۰.11
آرد کینوا Quinoa flour	11.03±0.22	13.87±0.23	2.73±0.11	5.09±۰.22

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی دونات

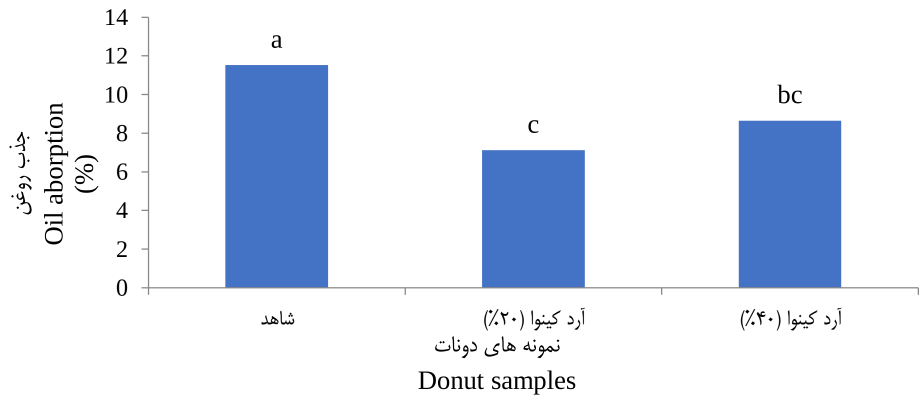
Table 2- Chemical properties of donuts

کیک **Cake**	پروتئین **(Protein %)**	خاکستر **Ash (%)**	فیبر **(Fibre %)**
دونات شاهد Control donuts	2.27^{b}±0.16	0.76 ^{b}±0.15	1.64^{c}±0.07
دونات (۲۰٪ کینوا) Donuts (20% quinoa flour)	4.56^{ab}±0.42	1.32^{ab}±0.28	2.25^{b}±0.19
دونات (۴۰٪ کینوا) Donuts (40% quinoa flour)	5.49^{a}±0.35	1.97^{a}±0.30	3.74^{a}±0.24



شکل ۲- میزان سفتی در نمونه‌های دونات

Fig. 2. The amount of hardness in donut samples



شکل ۳- میزان جذب روغن در نمونه‌های دونات

Fig. 3. Oil absorption rate in donut samples

حقایق و زوازد (Haghayegh & Zavezad, 2021) نشان دادند که افزودن پودر رازیانه و صمغ شنبلیله به فرمول دونات در صد جذب روغن کاهش یافت. رشـــیدی و همکاران (Rashidi *et al*., 2017) بیان نمودند که استفاده از آنتی‌اکسیدان با مهار رادیکال‌ها و ممانعت از اکسایش مانع تجزیهٔ روغن شده درنتیجه سبب کاهش جذب روغن در دونات می‌گردد. با توجه به نتایج مطالعه این محققین اســـتفاده از آرد کینوا که منبعی از آنتی‌اکسیدان معرفی شده است (Jan *et al*., 2018) باعث کاهش درصد جذب روغن شد.

در پژوهش نوری و همکاران (Nouri *et al*., 2017) کاهش محتوی روغن دونات حاوی منابع فیبر خوراکی صمغ فار سی و پودر تفاله هویج با پیش فرآیند مایکروویو نشان داده شد.

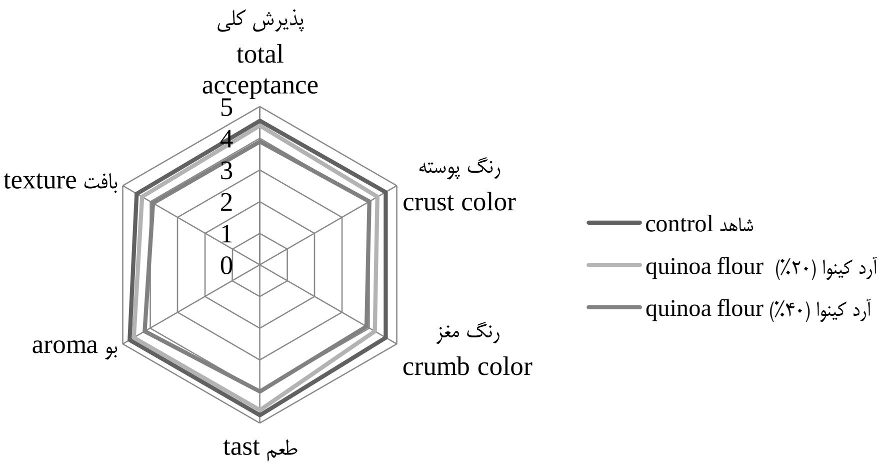
خصوصیات حسی

نتایج افزودن آرد کینوا ساپونین‌زدایی شده بر ویژگی‌های حسی (رنگ پوســته، رنگ مغز، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی) دونات نشــان داد که بیشــترین امتیاز مربوط به نمونه شــاهد و کمترین امتیاز مربوط به تیمار با ۴۰ درصــد آرد کینوا بود. با اســتفاده از آرد کینوا امتیاز رنگ پوسته و رنگ مغز از نمونه شاهد کمتر بود. امتیاز خصوصیات حسی (طعم، بو و بافت) بین نمونه شاهد و نمونه حاوی ۲۰ در صد آرد کینوا تفاوت معنی‌داری (P>0/05)، نزد ارزیابان مشــاهده نشــد، اما افزایش آرد کینوا تا سطح ۴۰ درصد سبب کاهش مطلوبیت نزد ارزیابان گردید. در مجموع ارزیابی خصوصیات حسی دونات و پذیرش کلی نشان داد که جایگزینی تا سطح ۲۰ درصد آرد کینوا در دونات قابل پذیرش است اما بیشتر شدن آن، این محصول نزد ارزیابان مورد پذیرش نیست.

دمیر و کلنیک (Demir & Kılınç, 2017) نیز جایگزینی تا ۲۰ درصد آرد کینوا در کوکی را از نظر خصوصیات حسی طعم، بو، رنگ، تردی و پذیرش کلی در مقایسه با نمونه شاهد تهیه شده از آرد گندم مورد قبول دانســـتند. کائور و همکاران (Kaur *et al*., 2017) بیان نمودند که جایگزینی سطوح پایین آرد کینوا در محصولات پخت تاثیر چشمگیری بر خصوصیات حسی ندارد.

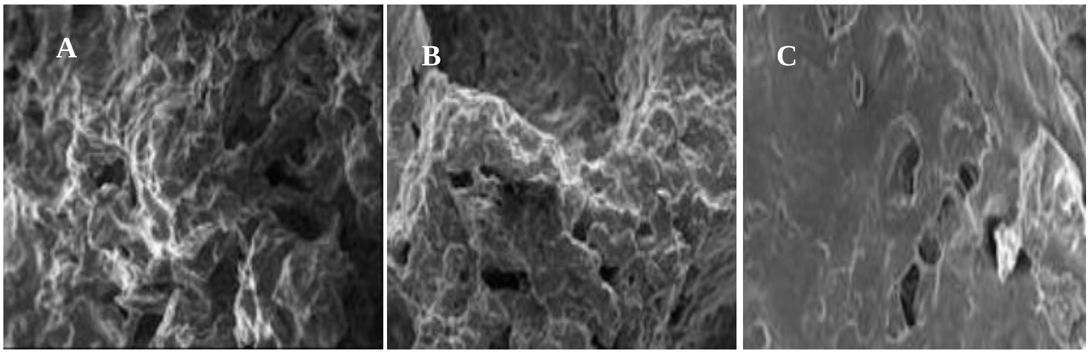
تصاویر میکروسکوپی دونات حاوی کینوا

همانطور که در شکل‌ها مشاهده می‌شود نمونه شاهد (A) دارای حفرات ریز و یکنواخت در ساختاری شبکه مانند نسبت به نمونه‌های حاوی آرد کینوا می‌باشد، بعد از آن در شکل (B) ساختار شبکه گلوتن جهت حفظ و پخش یکنواخت سلول‌های گازی نسبت به نمونه شاهد ضعیف‌تر است اما ساختار شبکه گلوتن قابل مشاهده است، همچنین به‌نظر می‌رســد در این نمونه اســتفاده از ۲۰ درصــد آرد کینوا بدلیل داشــتن پروتئین بیشــتر و میزان چربی بیشــتر و نشــان دادن خواص امولسیفایری (Elgeti *et al*., 2014) حفرات بزرگ در ساختار شبکه مانند در دونات ایجاد شده است. در نمونه (C) که حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا است مطابق با نتایج حجم مخصوص و تخلخل، شبکه گلوتن تضعیف شده و بخوبی نتوانسته است سلول‌های گازی را پوشش دهد در نتیجه طی فرآیند پخت و انبســاط ســلول‌های گازی، پارگی این ســلول‌ها اتفاق افتاده و حباب‌های هوا به‌صــورت دو یا چندتایی به یکدیگر ملحق شده اند و یک سلول گازی بزرگتر را ایجاد نموده‌اند و به موجب آن ساختار یکنواختی مشاهده نشد.



شکل ٤- خصوصیات حسی نمونه‌های دونات

Fig. 4. Sensory properties of donut samples



شکل ۵- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های دونات حاوی آرد کینوا

A: نمونه دونات شاهد

B: نمونه دونات حاوی ۲۰ درصد آرد کینوا

C: نمونه دونات حاوی ۴۰ درصد آرد کینوا

Fig. 5. Electron microscope images of donut samples containing quinoa flour
A: control Donut
B: Donut containing 20% quinoa flour
C: Donut containing 40% quinoa flour

نتیجه‌گیری

در این تحقیق امکان تولید دونات با ارزش تغذیه بیشتر و درصد جذب روغن کمتر با ا ستفاده از آرد کینوا برر سی شد. در ابتدا توانایی روش های مختلف برای حذف ساپونین بعنوان تلخی و فاکتور ضدتغذیه‌ای از آرد کینوا بررر سی شد، نتایج ن شان داد روش ترکیبی (مرطوب و خشک) بیشترین تأثیر بر حذف ساپونین را داشت. آرد کینوا ساپونین‌زدای شده در دو سطح (۲۰ و ۴۰ درصد) به فرمول دونات اضافه شد. آنالیز آرد کینوا نشان داد مقدار پروتئین، فیبر و خاکستر آرد کینوا از آرد گندم بود و مطابق با همین نتایج، محتوای خاکستر، پروتئین و فیبر دو نات تهیه شده با ۴۰ درصد آرد کینوا به‌طور چ شمگیری افزایش دا شت. برر سی سفتی بافت و خ صو صیات ح سی دونات نشان داد که جایگزینی تا ۲۰ درصد آرد کینوا تفاوت معنی‌داری بر بافت دونات نداشت و نزد ارزیابان قابل قبول بود. درصد جذب روغن با استفاده از آرد کینوا در مقایسه با نمونه شاهد کاهش چ شمگیری دا شت و جایگزینی ۲۰ در صد آرد کینوا با آرد گندم سبب کمترین درصد جذب روغن شد. نتایج این پژوهش نشان داد، تهیه دونات ترکیبی از آرد کینوا سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای و کاهش جذب روغن شد.

میزان مشارکت

مهتاب مرادنیا: تحقیق و بررسی، روش‌شناسی، نوشتن- پیش‌نویس ا صلی؛ **اکرم آریان فر:** مدیریت پروژه، نو شتن- برر سی و ویرایش؛ **علی محمدی ثانی:** اعتبارسنجی؛ **زهرا شیخ الاسلامی:** مدیریت داده‌ها، نظارت

منابع تأمین مالی

این تحقیق هیچ کمک مالی خاصی در بخش‌های عمومی، تجاری یا غیر انتفاعی دریافت نکرده است.

References

1. AACC. (2000). *American association of cereal chemists*. AACC method 10-91. St. Paul Minnesota.
2. Burešová, I., Tokár, M., Mareček, J., Hřivna, L., Faměra, O., & Šottníková, V. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science*, *75*, 158-164 https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.04.004
3. CaMPos naPán, M.U.P.J. (2021). Optimization of the saponin removal process to improve quinoa product quality and increase protein content. *Journal of Food and Nutrition Research*, *60*(1), 59-65.
4. Candia Danz, L., & Olaguivel Quisocala, A.I. (2016). Diseño y evaluación de una escarificadora para la extracción de saponina de la quinua - Región Puno (Design and evaluation of a scarifier for the extraction of saponins from quinoa- at Puno Region). In: Universidad Nacional del Altiplano Repositorio Institucional [online]. Puno : National University of Altiplano.

5. Cheok, C.Y., Karim, S., Hanaa, A., & Sulaiman, R. (2014). Extraction and quantification of saponins: A Review *Food Research International, 59*, 16-40. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.057
6. Dehghan Tanha, L., Karimi, M., & Saahifar, M. (2010). The effect of ipase enzyme and datam and glycerol mono-stearate emulsifiers of any quality and shelf life of frozen oily donuts. Islamic Azad University, M.C. Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology. (In Persian)
7. Demir, M.K., & Kılınç, M. (2017). Utilization of quinoa flour in cookie production. *International Food Research Journal, 24*(6), 2394-2401.
8. Elgeti, D., Nordlohne, SD., Föste, M., Besl, M., Linden, M., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science, 59*(1), 41–47. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.010
9. Entezari, B., Karazhiyan, H., & Sharifi, A. (2017). The effect of Chubak extract on antioxidant and shelf life of doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology, 9*(1), 27-40. (In Persian)
10. Gavrila, A.I., Tatia, R., Seciu-Grama, A.-M., Tarcomnicu, I., Negrea, C., Calinescu, I., Zalaru, C., Moldovan, L., Raiciu, A.D., & Popa, I. (2022). Ultrasound assisted extraction of saponins from *Hedera helix* L. and an in vitro biocompatibility evaluation of the extracts. *Pharmaceuticals, 15*, 1197 https://doi.org/10.3390/ph15101197
11. Ghaitaranpour, A., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Ngadi, M.O. (2018). Effect of deep fat and hot air frying on doughnuts physical properties and kinetic of crust formation. *Journal of Cereal Science, 83,* 25-31. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.07.006
12. Gil-Ramirez, A., Salas-Veizaga, D.M., Grey, C., Karlsson, E.N., Rodriguez-Meizoso, I., & Linares-Pastén, J.A. (2018). Integrated process for sequential extraction of saponins, xylan and cellulose from quinoa stalks (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products, 121,* 54-65. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.074
13. Gómez-Caravaca, A.M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M.F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry, 157*, 174–178. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.023
14. Haghayegh, G., & Zavezad, N. (2021). Evaluation of effect of Fennel powder and Fenugreek gum on technologic and antioxidant properties of fried doughnut. *FSCT, 18*(111), 23-35. (In Persian). https://doi.org/10.52547/fsct.18.111.23
15. Hou, Z., Fu, M., Zhang, W., & Ren, G. (2018). Research progress on saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Safety and Quality, 9*(19), 5146-52. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103032
16. Iglesias –Puig, E., Monedero, V., & Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT-Food Science Technology, 60*(1), 71-77. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.045
17. Jan, K.N., Panesar, P.S., & Singh, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour, *Lwt, 93*, 573-582. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.013
18. Kaur, S., & Kaur, N. (2017). Development and sensory evaluation of gluten free bakery products using quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *Journal of Applied and Natural Science, 9*(4), 2449-2455. https://doi.org/10.31018/jans.v9i4.1552
19. Keyhani, V., Mortazavi, S.A, Karimi, M., Karazhiyan, H., & Sheikholeslami, Z. (2015). Ultrasound-assisted extraction of saponins from chubak plant (*Acanthophyllum glandulosum*) root based on their emulsification and foaming properties. *Research and Innovation in Food Science and Industry, 4*(4), 325-342. https://doi.org/10.22101/JRIFST.2016.01.30.444
20. Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobbetti, M., & Rizzello, C.G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT, 78*, 215-221. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.046
21. Melito, H.S., & Farkas, B.E. (2012). Impact of infrared finishing on the mechanical and sensorial properties of wheat donuts. *Journal of Food Science, 77*(9), 224-230. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02847.x
22. Mhada, M., Metougui, M.L., El Hazzam, K., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). Variations of saponins, minerals and total phenolic compounds due to processing and cooking of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Foods, 9*, 660. https://doi.org/10.3390/foods9050660
23. Milovanović, M.M., Demin, M.A., Vucelić-Radović, B.V., Žarković, B.M., & Stikić, R.I. (2014). Evaluation of the nutritional quality of wheat bread prepared with quinoa, buckwheat and pumpkin seed blends. *Journal of Agricultural Sciences, 59*(3), 318-328. https://doi.org/10.2298/JAS1403319M
24. Nickel, J., Spanier, L.P., Botelho, F.T., Gularte, M.A., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chemistry, 209*, 139-143. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.031

25. Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., & Abdanan Mehdizade, S. (2017). Effect of microwave pre-treatment on physico-chemical properties of donut containing Persian gum and carrot pomace powder sources of dietary fiber. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *13*(2), 227-239. (In Persian). https://doi.org/10.22067/ifstrj.v1395i0.49210
26. Nowak, V., Du, J., & Charrondiere, U.R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, *193*, 47–54. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111
27. Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P.M., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in southwestern Germany. *Agronomy Journal*, *8*, 197. https://doi.org/10.3390/plants10122689
28. Rashidi, S., Niazmand, R., & Arianfar, A. (2017). Reducing the amount of acrylamide and absorption of donut oil using the antioxidant effect of sesame oil and its unsaturated soaps. *Research and Innovation in Food Science and Industry*, *6*(1), 1-10. https://doi.org/10.22101/JRIFST.2017.05.22.611
29. Rehman, S., Paterson, A., Hussian, S., Bhatti, I.A., & Shahid, M.A.R. (2006). Influence of detoxified Indian Vetch (*Lattyrus sativius*) on sensory and protein quality characteristies of composite flour chapatti. *Journal of Scirnce of Food and Agriculture*, *86*(8), 1172-1180. https://doi.org/10.1002/jsfa.2481
30. Rizzello, C.G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features, *LWT*, *78*, 215-221. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.046
31. Sakhale, B.K., Badgujar, J.B., Pawar, V.D., & Sananse, S.L. (2011). Effect of hydrocolloids incorporation incasing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Process Technology*, *3*(2), 120-133. https://doi.org/10.1007%2Fs13197-011-0333-0
32. Sepahvand, N.A., Humility, M., & Kahbazi, M. (2010). Quinoa, a valuable plant for food security and sustainable agriculture in Iran. 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Tehran, Iran. (In Persian)
33. Sharma, S., Kataria, A., & Singh, B. (2022). Effect of thermal processing on the bioactive compounds, antioxidative, antinutritional and functional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*), *LWT-Food Science and Technology*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113256
34. Sheikholeslami, Z., Mahfouzi, M., Karimi, M., Hejrani, T., Ghiafehdavoodi, M., & Ghodsi, M. (2020). Evaluating the traditional bread properties with new formula: Affected by triticale and cress seed gum. *Food Science and Technology International*, 1082013220961777. https://doi.org/10.1177/1082013220961777
35. Tan, J., & Mitral, G.S. (2006). Physicochemical properties change of doughnuts during vaccum frying. *International Journal Food properties*, *9*, 85-98. https://doi.org/10.1080/10942910500473947
36. Turkut, G.M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, *69*, 174e181. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005
37. Zolfaghari, Z., Mohebbi, M., & Haddad Khodaparast, M.H. (2013). Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coating. *Journal Food Process*, *37*, 34-45. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00611.x